

Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan dan Persentase Perekat Terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serap Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa

R. Hari Setyanto^{*,1)}, Ilham Priyadithama¹⁾, Natalia Maharani²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret

²⁾Alumni Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Telp/Fax. (0271) 632110

Abstrak

Penggunaan serat alam sangat potensial untuk menggantikan peran serat sintesis sebagai bahan komposit. Limbah kertas dan serabut kelapa merupakan serat alam yang keberadaannya melimpah di alam. Serat-serat tersebut berpotensi untuk dijadikan komposit serat bunyi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh faktor jenis kertas, kerapatan dan persentase perekat terhadap kekuatan bending komposit panel serat bunyi. Penelitian ini menggunakan dua jenis kertas yaitu HVS dan koran, variasi kerapatan yang diuji yaitu 3:1, 4:1 dan 5:1, persentase perekat (PVAc) yaitu 2.5%, 5% dan 7.5%. Metode pengolahan data menggunakan teknik factorial completely randomized design experiment. Pengujian kekuatan bending menggunakan alat Universal Testing Machine dengan metode three point bending. Sedangkan pengujian kemampuan serat bunyi menggunakan metode tabung impedansi yang diujikan untuk spesimen dengan nilai bending tertinggi. Hasil eksperimen diperoleh bahwa masing-masing faktor tersebut berpengaruh terhadap kekuatan bending komposit panel serat bunyi, dengan nilai bending tertinggi sebesar 35,297 kgf/cm² untuk komposit berbahan dasar kertas HVS dengan kerapatan 5:1 dan persentase perekat 7.5%. Nilai tersebut telah memenuhi standar minimal kekuatan bending papan serat menurut SNI 01-4449-2006. Spesimen tersebut memiliki koefisien serat bunyi sebesar 0.25 pada frekuensi acuan (500Hz) dan telah memenuhi standar minimal koefisien serat bunyi berdasar ISO 11654:1997.

Kata kunci: komposit serat bunyi, kekuatan bending, limbah kertas, factorial completely randomized design experiment, tabung impedansi.

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terhadap kayu untuk konstruksi, bangunan atau *furniture* terus melaju pesat seiring dengan meningkatnya pertambahan jumlah penduduk, sementara ketersediaan kayu sebagai bahan baku terus menurun. Mengingat ketersediaan kayu bulat yang mulai menipis, maka upaya yang sudah dikembangkan adalah pembuatan papan komposit (Lubis *dkk*, 2009).

Pengembangan dan penggunaan material komposit yang berkuat serat alam dapat dibuat produk dengan biaya murah karena harga bahan baku yang rendah, karakteristik akustik dan *thermal* yang baik, penggunaan energi yang rendah serta ramah lingkungan karena sifat *biodegradable* sehingga dapat diurai dengan mudah dan aman serta pemanfaatan yang berkelanjutan (Biswas *dkk*, 2001).

Salah satu sumber serat alam yang berpotensi untuk dijadikan komposit adalah serat kertas. Berdasarkan statistik tahun 2001 dalam Wibowo (2009), komposisi terbesar sampah di Indonesia adalah sampah organik yang layak kompos sebesar 65 %, kertas 13 %, dan plastik 11 %. Kertas bekas merupakan salah satu sumber serat yang potensial dan mempunyai prospek ekonomis tinggi. Pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan pembuat komposit ramah lingkungan tak hanya mengurangi polusi lingkungan, tetapi juga memberikan kontribusi yang

* Correspondance : setyan97@yahoo.com

besar dalam hal daur ulang limbah. Selain kertas, serat dari serabut kelapa juga mempunyai potensi yang baik untuk dijadikan bahan komposit karena sifatnya yang tahan lama, kuat terhadap gesekan dan tidak mudah patah, tidak mudah membusuk, serta tahan terhadap jamur dan hama (Ulfa, 2007). Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia, dengan luas areal mencapai 3,86 juta hektare (ha) atau 31,2 % dari total areal dunia. Berdasar data Asia Pasific Coconut Community tahun 2008 dalam Dewan Kelapa Indonesia (2009), total produksi kelapa tahun 2007 mencapai 3,3 juta ton setara kopra, atau sebesar 29,8% dari total produksi dunia sebesar 10,3 juta ton . Serabut kelapa yang dihasilkan dari sebuah kelapa adalah sekitar 35% berat buah.

Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah PVAc, PVAc merupakan perekat yang cocok digunakan untuk bahan kertas dan kayu, selain itu penggunaan perekat PVAc dinilai lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan resin karena PVAc merupakan polimer karet yang bersifat biodegradable. Karena sifatnya yang lunak dan berpori, kertas dan serabut kelapa berpotensi untuk dijadikan bahan panel serap bunyi. Kemampuan serap bunyi yang baik pada kertas telah dibuktikan oleh Miasa dan Sriwijaya (2004), sedangkan kemampuan serap bunyi pada serabut kelapa telah dibuktikan oleh Khuriati, dkk (2006). Ujian peneliiian pada paper ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh masing-masing faktor (jenis kertas, kerapatan dan persentase perekat (PVAc)) dan kombinasi faktor-faktor tersebut terhadap kekuatan *bending* komposit panel serap bunyi; *dan* mengetahui kombinasi level-level faktor manakah yang memberikan hasil kekuatan *bending* terbesar.

2. Metode Penelitian

2.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada penelitian ini ditentukan melalui beberapa tahapan. Urut-urutan tahap tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Perencanaan Penelitian

- 1) Variabel Independen
 - a) Jenis kertas (A), dengan level: (1) kertas HVS (a_1) dan (2) kertas Koran (a_2),
 - b) Kerapatan (B), dengan level: (1) kerapatan 3:1 (b_1); (2) kerapatan 4:1 (b_2); dan (3) kerapatan 5:1 (b_3).
 - c) Prosentase Perekat (C), dengan level: (1) 2,5% (c_1); (2) 5% (c_2); dan (3) 7,5% (c_3).
- 2) Variabel dependen: variabel dependen yang diukur pada penelitian ini adalah nilai *bending* komposit pada setiap spesimen.

b. Menentukan Replikasi

Jumlah replikasi ditentukan dengan menggunakan rumus (Supranto, 2000):

$$(t-1)(r-1) \geq 15 \quad (1)$$

Keterangan: t = banyaknya kelompok perlakuan; r = jumlah replikasi

c. Layout Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada setiap perlakuan sesuai jumlah replikasi yang telah ditetapkan sesuai point c. Layout pengumpulan data ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Layout Pengumpulan Data Nilai Uji Impak

Replikasi	Persentase Lem Putih (PVAc)	Jenis kertas					
		HVS-Sabut			Koran-Sabut		
		(a1)			(a2)		
		Kerapatan (3:1) (b ₁)	Kerapatan (4:1) (b ₂)	Kerapatan (5:1) (b ₃)	Kerapatan (3:1) (b ₁)	Kerapatan (4:1) (b ₂)	Kerapatan (5:1) (b ₃)
1	2,5% (c ₁)	Y ₁₁₁₁	Y ₁₂₁₁	Y ₁₃₁₁	Y ₂₁₁₁	Y ₂₂₁₁	Y ₂₃₁₁
2		Y ₁₁₁₂	Y ₁₂₁₂	Y ₁₃₁₂	Y ₂₁₁₂	Y ₂₂₁₂	Y ₂₃₁₂
3		Y ₁₁₁₃	Y ₁₂₁₃	Y ₁₃₁₃	Y ₂₁₁₃	Y ₂₂₁₃	Y ₂₃₁₃
jumlah		ΣY ₁₁₁	ΣY ₁₂₁	ΣY ₁₃₁	ΣY ₂₁₁	ΣY ₂₂₁	ΣY ₂₃₁
1	5% (c ₂)	Y ₁₁₂₁	Y ₁₂₂₁	Y ₁₃₂₁	Y ₂₁₂₁	Y ₂₂₂₁	Y ₂₃₂₁
2		Y ₁₁₂₂	Y ₁₂₂₂	Y ₁₃₂₂	Y ₂₁₂₂	Y ₂₂₂₂	Y ₂₃₂₂
3		Y ₁₁₂₃	Y ₁₂₂₃	Y ₁₃₂₃	Y ₂₁₂₃	Y ₂₂₂₃	Y ₂₃₂₃
jumlah		ΣY ₁₁₂	ΣY ₁₂₂	ΣY ₁₃₂	ΣY ₂₁₂	ΣY ₂₂₂	ΣY ₂₃₂
1	7,5% (c ₃)	Y ₁₁₃₁	Y ₁₂₃₁	Y ₁₃₃₁	Y ₂₁₃₁	Y ₂₂₃₁	Y ₂₃₃₁
2		Y ₁₁₃₂	Y ₁₂₃₂	Y ₁₃₃₂	Y ₂₁₃₂	Y ₂₂₃₂	Y ₂₃₃₂
3		Y ₁₁₃₃	Y ₁₂₃₃	Y ₁₃₃₃	Y ₂₁₃₃	Y ₂₂₃₃	Y ₂₃₃₃
jumlah		ΣY ₁₁₃	ΣY ₁₂₃	ΣY ₁₃₃	ΣY ₂₁₃	ΣY ₂₂₃	ΣY ₂₃₃

2.2. Menentukan Hipotesis Eksperimen

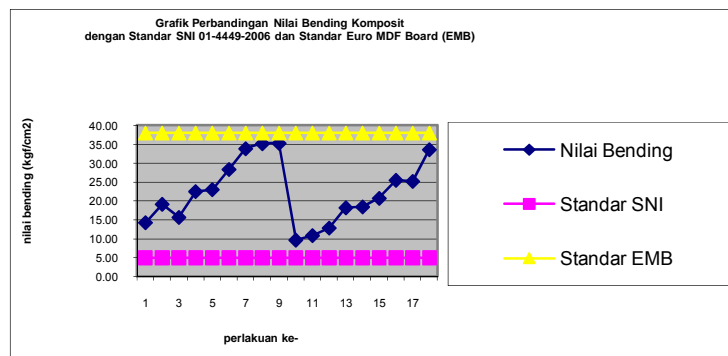
Adapun hipotesis nol dari eksperimen dalam penelitian ini adalah:

1. $H_{01}: \sigma_A^2 = 0$, perbedaan jenis kertas tidak berpengaruh secara terhadap kekuatan *bending*
2. $H_{02}: \sigma_B^2 = 0$, perbedaan kerapatan tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*
3. $H_{03}: \sigma_C^2 = 0$, perbedaan persentase perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*.
4. $H_{04}: \sigma_{AB}^2 = 0$, perbedaan interaksi jenis kertas dan kerapatan tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*.
5. $H_{05}: \sigma_{AC}^2 = 0$, perbedaan interaksi jenis kertas dan persentase perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*.
6. $H_{06}: \sigma_{BC}^2 = 0$, perbedaan interaksi kerapatan dan persentase perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*.
7. $H_{07}: \sigma_{ABC}^2 = 0$, perbedaan interaksi jenis kertas, kerapatan dan persentase perekat tidak berpengaruh signifikan terhadap besarnya kekuatan *bending*.

3. Hasil dan Pembahasan

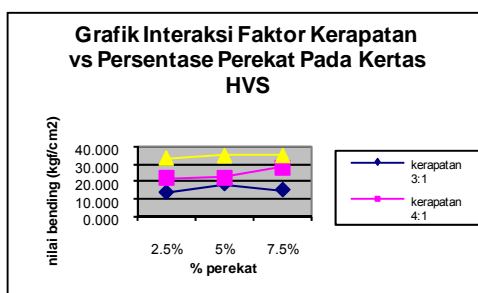
3.1 Analisis Pengujian *Bending*

Berdasarkan pengujian *bending* menggunakan mesin *Universal Testing Machine* diperoleh data pembebanan maksimal. Hasil pengujian *bending* komposit berbahan dasar limbah kertas dan serabut kelapa pada 18 perlakuan ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 1.

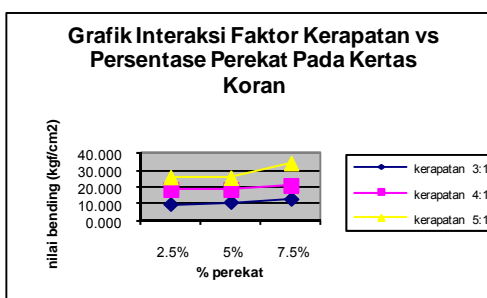
**Gambar 1.** Grafik Kekuatan Bending

Grafik menunjukkan bahwa nilai *bending* seluruh spesimen masih di atas dari syarat minimum SNI 01-4449-2006. Nilai kekuatan *bending* terbesar pada perlakuan ke-9, yaitu komposit berbahan campuran kertas HVS dan serabut kelapa, kerapatan 5:1 dan persentase perekat 7,5% dengan nilai 35,30 kgf/cm² dan yang terendah pada eksperimen ke-10, yaitu komposit berbahan kertas koran dan serabut kelapa, kerapatan 3:1 dan persentase perekat 2,5% dengan nilai 9,62 kgf/cm².

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor jenis kertas, kerapatan dan persentase perekat. Hubungan antar faktor-faktor tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Kekuatan Bending Berdasar Interaksi Faktor Kerapatan dan Persentase Perekat pada HVS.

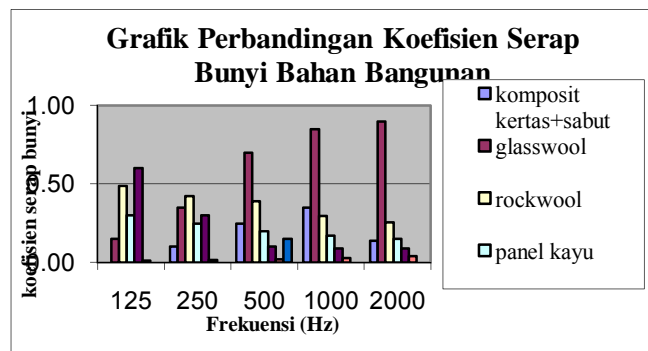


Gambar 3. Grafik kekuatan *bending* berdasar interaksi faktor kerapatan dan persentase perekat pada koran.

Dari Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat kenaikan level persentase perekat (dari 2,5% hingga 7,5%) pada kerapatan 3:1, 4:1 dan 5:1 sama-sama menghasilkan kenaikan kekuatan bending baik pada komposit berbahan dasar HVS maupun koran, kecuali pada komposit HVS dengan kerapatan 3:1, dimana kenaikan persentase perekat dari 2,5% ke 5% menghasilkan kenaikan kekuatan bending, sedangkan kenaikan persentase perekat dari 5% ke 7,5% menghasilkan penurunan kekuatan bending. Meski pola perubahan kekuatan bending komposit HVS pada level kerapatan 3:1 berbeda dengan level lainnya baik pada komposit HVS maupun koran, namun berdasar hasil uji ANOVA perbedaan tersebut tidak signifikan, sehingga dapat disimpulkan tidak terjadi interaksi antar faktor jenis kertas, kerapatan dan persentase perekat pada level-level tersebut.

3.2 Analisis Uji Serap Bunyi

Uji serap bunyi pada penelitian ini digunakan sebagai validasi apakah komposit panel serap bunyi yang memiliki kekuatan bending tertinggi masih mempunyai kemampuan serap bunyi. Pengujian serap bunyi dilakukan pada spesimen komposit yang memiliki kekuatan bending tertinggi, yaitu pada komposit berbahan dasar kertas HVS dengan campuran sabut kelapa, rasio kerapatan 5:1 dan persentase perekat 7,5%. Hasil pengujian serap bunyi dengan menggunakan alat uji berupa tabung impedansi 2 mikrofon menghasilkan nilai koefisien absorpsi (α_w) sebesar 0,25 pada frekuensi tengah (500 Hz) yang dijadikan acuan penetapan standar koefisien absorpsi. Nilai koefisien absorpsi yang dihasilkan dari komposit dengan kekuatan bending tertinggi tersebut masih memenuhi standar minimal nilai koefisien absorpsi yang ditetapkan oleh ISO 11654:1997(E) yaitu sebesar 0,15 (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Perbandingan Koefisien Serap Bunyi Bahan Bangunan

Berdasar gambar 5.13 pada frekuensi acuan (500 Hz), komposit serap bunyi pada penelitian ini memiliki koefisien absorpsi bunyi lebih tinggi dibanding panel kayu, plywood dan gypsum, namun masih di bawah glasswool dan rockwool. Nilai koefisien absorpsi tertinggi ada pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai 0,35, sedangkan untuk frekuensi rendah (≤ 250 Hz) dan frekuensi tinggi (≥ 2000 Hz) nilai koefisien absorpsi bunyi rendah, yaitu di bawah 0,15. Rentang frekuensi 1000 Hz masih termasuk dalam kategori frekuensi sedang, oleh karena itu komposit panel serap bunyi pada penelitian ini cocok diaplikasikan sebagai panel sekat untuk ruangan dengan rentang frekuensi sedang.

4. Kesimpulan dan Saran

Faktor jenis kertas berpengaruh terhadap kekuatan bending dimana komposit serap bunyi berbahan dasar kombinasi kertas HVS dan serabut kelapa memiliki nilai kekuatan bending lebih tinggi dibanding komposit serap bunyi berbahan dasar kombinasi kertas koran dan serabut kelapa. Faktor kerapatan berpengaruh terhadap kekuatan bending dimana semakin tinggi tingkat kerapatan, maka nilai kekuatan bending semakin meningkat. Faktor persentase perekat dari 2,5% hingga 7,5% berpengaruh terhadap kekuatan bending dimana semakin besar persentase perekat, maka nilai kekuatan bending semakin meningkat. Tidak ada pengaruh interaksi antar faktor yang mempengaruhi kekuatan bending komposit serap bunyi berbahan dasar limbah kertas dan serabut kelapa. Kekuatan bending tertinggi diperoleh pada spesimen komposit serap bunyi berbahan dasar kombinasi kertas HVS dan serabut kelapa dengan kerapatan 5:1 dan persentase perekat 7,5%, yaitu sebesar 35,297 kgf/cm² dan telah memenuhi standar minimal kekuatan bending papan serat menurut SNI 01-4449-2006.

Daftar Pustaka

- Biswas, S., Srikanth, G. and Nangia, N.. (2001). *Development of Natural Fibre Composites in India, 2001 Convention and Trade Show*. Florida USA: Composites Fabricators Association.
- Dewan Kelapa Indonesia. (2009). *Rangkaian Acara Peringatan Hari Kelapa Tahun 2009* [Online]. Tersedia di: <http://www.dekindo.com/acara/seminar> [diakses 2 Mei 2010].
- Doelle, Leslie. L. (1990). *Akuatik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- ISO (International Organization for Standardization): 11654:1997 (E). *Acoustics-Sound Absorbers for Use in Buildings-Rating of Sound Absorption*.
- Khuriati, A. (2006). *Desain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya*. *Jurnal Berkala Fisika*. [Online], Vol.9, No.1, Januari 2006, hal 15-25. Tersedia di: <http://eprints.undip.ac.id> [diakses 7 Februari 2010].
- Lubis, M., Jamilah, Risnasari, I., Nuryawan, A. dan Febrianto, F. (2009). *Kualitas Papan Komposit dari Limbah Batang Kelapa Sawit (elaeis guineensis jacq) dan Polyethylene (Pe)*

- Daur Ulang* [Online], 29 paragraf. Tersediadi:<http://journal.ipb.ac.id/> [diakses 17 Februari 2010]
- Miasa, I . M dan Sriwijaya, R. (2004). *Penelitian Sifat-sifat Akustik dari Bahan Kertas dan Plastik sebagai Penghalang Kebisingan*. Media Teknik. [Online], No.1 tahun XXVI edisi Februari 2004. 27 paragraf. Tersedia di: <http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/detail.php?dataId=3709> [diakses 23 Juli 2010].
- SNI (Standar Nasional Indonesia): 01-4449-2006. Papan Serat.
- Sudjana, (1997). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito
- Ulfa, M. (2007). *Rekayasa Sabut Kelapa Sebagai Papan Partikel Peredam Panas Pada Interior Perumahan*. Program Kreatifitas Mahasiswa. Malang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Wibowo, A. (2009). *Kondisi Persampahan Kota di Indonesia* [Online], 11 paragraf. Tersedia di: <http://narasibumi.blog.uns.ac.id/2009/04/17> [diakses 1 Februari 2010].